

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320379

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 6 F 17/10

G 0 6 T 3/40

識別記号

F I

G 0 6 F 15/31

15/66

M

3 5 5 C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平9-131914

(22) 出願日

平成9年(1997)5月22日

(71) 出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁

目天神北町1番地の1

(72) 発明者 白井 信昭

東京都豊島区東池袋5丁目38番7号 大日

本スクリーン製造株式会社東京研究所内

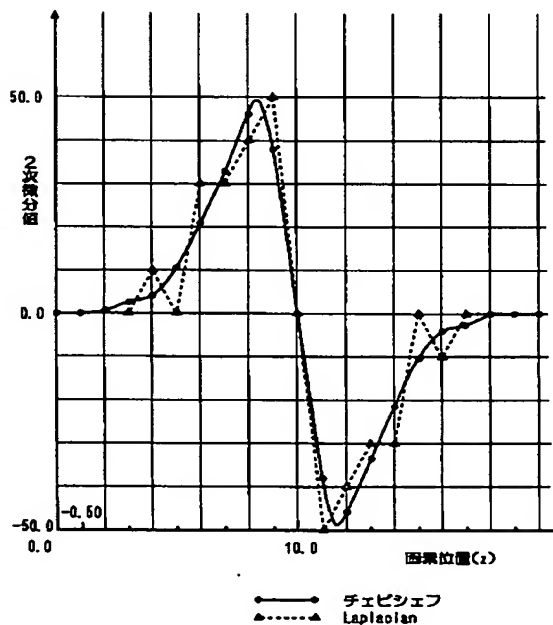
(74) 代理人 弁理士 福島 祥人

(54) 【発明の名称】 2次元データの処理方法

(57) 【要約】

【課題】 データの劣化を生じることなく微分等のデータ処理が可能な2次元データの処理方法を提供する。

【解決手段】 2次元の処理データから1次元の点列画像データを逐次抽出し、抽出した1次元の点列画像データをチェビシェフ多項式を用いて近似し、近似式の係数 $A_i$ を算出する。チェビシェフ多項式の微分式を算出し、係数 $A_i$ と微分式との多項式からなる近似式の微分式を用いて点列画像データの微分値を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出された前記1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて前記1次元のデータ列の各データの微分値を算出して前記処理データの微分値を得ることを特徴とする2次元データの処理方法。

【請求項2】 前記近似式の微分式として高次の微分式を算出し、算出された前記高次の微分式を用いて前記1次元のデータ列の各データの高次の微分値を算出することを特徴とする請求項1記載の2次元データの処理方法。

【請求項3】 算出された前記処理データの微分値を新たな処理データとし、新たな前記処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した前記1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて前記1次元のデータ列の各データの微分値を算出して新たな前記処理データの微分値を得ることを特徴とする請求項1記載の2次元データの処理方法。

【請求項4】 前記処理データから一方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて微分値を算出して前記処理データの一方向の微分値を求め、前記処理データの一方向の微分値からなるデータを新たな処理データとし、前記新たな処理データから他方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて微分値を算出して前記新たな処理データの他方向の微分値を得ることによって2方向に微分された前記処理データの微分値を算出することを特徴とする請求項1記載の2次元データの処理方法。

【請求項5】 前記一方向に抽出された1次元のデータ列の微分値は、前記一方向に抽出された1次元のデータ列に対して求められた近似式の高次の微分式を用いて算出された高次の微分値であり、前記新たな処理データは、一方向に微分された前記高次の微分値からなり、前記他方向に抽出された1次元のデータ列の微分値は、前記他方向に抽出された1次元のデータ列に対して求められた近似式の高次の微分式を用いて算出された高次の微分値であることを特徴とする請求項4記載の2次元データの処理方法。

【請求項6】 2方向に微分された前記処理データの微

分値を新たな処理データとし、新たな前記処理データから一方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて微分値を算出して前記処理データの一方向の微分値を求め、前記処理データの一方向の微分値からなるデータから他方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて微分値を算出して前記新たな処理データの2方向に微分された微分値を得ることを特徴とする請求項4記載の2次元データの処理方法。

【請求項7】 2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した前記1次元のデータ列の各データをチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を用いて前記1次元のデータ列とは異なる1次元のデータ列を算出することを特徴とする2次元データの処理方法。

【請求項8】 前記1次元のデータ列よりデータ数の少ない1次元のデータ列を算出することを特徴とする請求項7記載の2次元データの処理方法。

【請求項9】 前記1次元のデータ列よりデータ数の多い1次元のデータ列を算出することを特徴とする請求項7記載の2次元データの処理方法。

【請求項10】 2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した前記1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた前記近似式を微分して前記近似式の微分式を算出し、算出された前記微分式を用いて前記1次元のデータ列とは異なる1次元のデータ列の微分値を求めることを特徴とする2次元データの処理方法。

【請求項11】 前記1次元のデータ列よりデータ数の少ない1次元のデータ列の微分値を算出することを特徴とする請求項10記載の2次元データの処理方法。

【請求項12】 前記1次元のデータ列よりデータ数の多い1次元のデータ列の微分値を算出することを特徴とする請求項10記載の2次元データの処理方法。

【請求項13】 2次元の処理データから抽出した前記1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似し、前記多項式の0次および1次の項を省略して近似式を求めることを特徴とする請求項1～12のいずれかに記載の2次元データの処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像等の2次元データの微分、間引き、水増しおよび分解能変換等の処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】2次元のデジタル画像処理において

は、画像データを微分し、その微分値を用いて画像中の輪郭部分を抽出する処理等が行われている。このような微分処理には、Prewitt（プレウィット）型やLaplacian（ラブラシアン）型の2次元のデジタルフィルタが一般的に用いられている。2次元のデジタル画像データにこれらのデジタルフィルタを適用することにより、各画素の微分値が得られる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、デジタルフィルタを用いた画像の微分処理方法では、例えば画像が多階調の単色画像の場合には、デジタルフィルタを適用する度に隣接画素間の階調差がなだらかになり、画像の劣化が激しくなる。そして、さらに微分処理を繰り返すと、最終的には階調差の無い画像が作成される。

【0004】また、画像処理の1つの応用分野として、画像処理を用いた物体の強度評価処理がある。この処理では、対象物質の物理量の計測値、例えば物質表面の変位の時系列データが画像データを用いて表示される。変位の量は画像の階調データとして表示される。そして、画像データを微分処理し、得られた微分値から対象物質の歪量を推算し、その歪量を基に対象物質の強度を評価するものである。この場合、画像データの微分値は強度評価の基準となる歪量を表す。したがって、画像データの微分値は正確に求められる必要がある。

【0005】しかしながら、従来のデジタルフィルタを用いた微分方法では、微分値の劣化が生じ、正確な微分値を必要とする用途に適用するには不都合があった。

【0006】本発明の目的は、データの劣化を生じることなく微分等のデータ処理が可能な2次元データの処理方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

（1）第1の発明

第1の発明に係る2次元データの処理方法は、2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出された1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて1次元のデータ列の各データの微分値を算出して処理データの微分値を得るものである。

【0008】チェビシェフ関数を用いた近似式は非周期関数であるため、値が任意に変動する処理データに対しても高精度で近似することができる。また、微分式の算出も容易である。したがって、2次元データの微分処理において、精度の高い近似式の微分式から微分値を算出することによって、高精度の微分値を容易に得ることができる。

【0009】（2）第2の発明

第2の発明に係る2次元データの処理方法は、第1の発

明に係る2次元データの処理方法において、近似式の微分式として高次の微分式を算出し、算出された高次の微分式を用いて1次元のデータ列の各データの高次の微分値を算出するものである。

【0010】チェビシェフ関数の多項式では、高次の微分式を容易に算出することができる。このため、処理データの高次の微分値を求める場合には、処理データの近似式の高次の微分式を算出し、算出した高次の微分式を用いて一度の計算で高次の微分値を得ることができ、高次の微分値算出処理を効率良く行うことができる。

【0011】（3）第3の発明

第3の発明に係る2次元データの処理方法は、第1の発明に係る2次元データの処理方法において、算出された処理データの微分値を新たな処理データとし、新たな処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて1次元のデータ列の各データの微分値を算出して新たな処理データの微分値を得るものである。

【0012】この場合、処理データに対する近似式の算出、近似式の微分式の算出および微分式を用いた微分値の算出の一連の処理を繰り返して高次の微分値を算出することができる。

【0013】（4）第4の発明

第4の発明に係る2次元データの処理方法は、第1の発明に係る2次元データの処理方法において、処理データから一方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて微分値を算出して処理データの一方向の微分値を求め、処理データの一方向の微分値からなるデータを新たな処理データとし、新たな処理データから他方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて微分値を算出して新たな処理データの他方向の微分値を得ることによって処理データの2方向に微分された微分値を算出するものである。

【0014】この場合、2次元データの一方向に対して、チェビシェフ関数を用いた近似式の算出、近似式の微分式の算出および微分式を用いた微分値の算出の一連の処理を行って一方向に微分された2次元データの微分値を得、さらに得られた微分値からなる処理データの他方向に対して、チェビシェフ関数を用いた近似式の算出、近似式の微分式の算出および微分式を用いた微分値の算出の一連の処理を行う。これにより、1次元のチェビシェフ関数の近似式を用いて2次元の処理データの2方向への微分処理を行うことができる。

【0015】（5）第5の発明

第5の発明に係る2次元データの処理方法は、第4の発明に係る2次元データの処理方法において、一方向に抽出された1次元のデータ列の微分値は、一方向に抽出された1次元のデータ列に対して求められた近似式の高次の微分式を用いて算出された高次の微分値であり、新たな処理データは、一方向に微分された高次の微分値からなり、他方向に抽出された1次元のデータ列の微分値は、他方向に抽出された1次元のデータ列に対して求められた近似式の高次の微分式を用いて算出された高次の微分値である。

【0016】チェビシェフ関数の多項式では、高次の微分式を容易に算出することができる。このため、処理データの微分値を求める場合には、処理データの近似式の高次の微分式を算出し、この高次の微分式を用いて一度の計算で高次の微分値を得ることができる。そこで、高次の微分値算出処理を2次元の処理データの2方向についてそれぞれ1回ずつ行うことによって2次元の処理データの2方向への高次の微分値算出処理を効率良く行うことができる。

【0017】(6)第6の発明

第6の発明に係る2次元データの処理方法は、第4の発明に係る2次元データの処理方法において、2方向に微分された処理データの微分値を新たな処理データとし、新たな処理データから一方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて微分値を算出して処理データの一方向の微分値を求め、処理データの一方向の微分値からなるデータから他方向に逐次抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて微分値を算出して新たな処理データの微分値を得るものである。

【0018】この場合、処理データに対して近似式の算出、近似式の微分式の算出および微分式を用いた微分値の算出の一連の処理を2次元の処理データの一方向と他方向とに交互に繰り返すことによって2次元の処理データの2方向の高次の微分値を算出することができる。

【0019】(7)第7の発明

第7の発明に係る2次元データの処理方法は、2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した1次元のデータ列の各データをチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を用いて1次元のデータ列とは異なる1次元のデータ列を算出するものである。

【0020】チェビシェフ関数を用いた近似式は非周期関数であるため、値が任意に変動する処理データに対しても高精度で近似することができる。さらに、データ領域の任意の位置において、後述するGibbs(ギブ

ス)の現象が生じず、近似精度が高い。したがって、この近似式を用いて元のデータ列とは異なるデータ列を高精度で求めることができる。

【0021】(8)第8の発明

第8の発明に係る2次元データの処理方法は、第7の発明に係る2次元データの処理方法において、1次元のデータ列よりデータ数の少ない1次元のデータ列を算出するものである。

【0022】この処理により、元の処理データのデータ数が減じられたいわゆるデータの間引き処理や画像の分解能の低減処理を高精度で行うことができる。

【0023】(9)第9の発明

第9の発明に係る2次元データの処理方法は、第7の発明に係る2次元データの処理方法において、1次元のデータ列よりデータ数の多い1次元のデータ列を算出するものである。

【0024】この処理により、元の処理データのデータ数が増加されたいわゆるデータの水増し処理や画像の分解能の向上処理を高精度で行うことができる。

【0025】(10)第10の発明

第10の発明に係る2次元データの処理方法は、2次元の処理データから1次元のデータ列を逐次抽出し、抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似して近似式を求め、求められた近似式を微分して近似式の微分式を算出し、算出された微分式を用いて1次元のデータ列とは異なる1次元のデータ列の微分値を求めるものである。

【0026】チェビシェフ関数を用いた近似式は非周期関数であるため、値が任意に変動する処理データに対しても高精度で近似することができる。さらに、データ領域の任意の位置においてもGibbsの現象が生じず、近似精度が高い。したがって、この近似式を用いて元のデータ列とは異なるデータ列の微分値データを高精度で求めることができる。

【0027】(11)第11の発明

第11の発明に係る2次元データの処理方法は、第10の発明に係る2次元データの処理方法において、1次元のデータ列よりデータ数の少ない1次元のデータ列の微分値を算出するものである。

【0028】この処理により、元の微分値データのデータ数を減じるといわゆる微分値の間引き処理を高精度で行うことができる。

【0029】(12)第12の発明

第12の発明に係る2次元データの処理方法は、第10の発明に係る2次元データの処理方法において、1次元のデータ列よりデータ数の多い1次元のデータ列の微分値を算出するものである。

【0030】この処理により、元の微分値データのデータ数が増加されたいわゆる微分値の水増し処理を高精度で行うことができる。

【0031】(13)第13の発明

第13の発明に係る2次元データの処理方法は、第1～第12のいずれかの発明に係る2次元データの処理方法において、2次元の処理データから抽出した1次元のデータ列をチェビシェフ関数を用いた多項式で近似し、多項式の0次および1次の項を省略して近似式を求めるものである。

【0032】多項式の0次の項は処理データのバイアス成分を規定し、1次の項は座標原点を通る直線成分を規定する。したがって、この0次及び1次の項を省略することによって、元の処理データが有する1次傾斜成分を排除することができる。

$$Y(x) = \sum_{i=0}^n A_i \cdot T_i(x) \\ = A_0 T_0(x) + A_1 T_1(x) + \dots + A_n T_n(x) \quad \dots (1)$$

【0036】ここで、 $T_i(x)$ はチェビシェフ多項式であり、下式で定義される。

【0037】

【数2】

$$T_i(x) = \cos(i \cdot \cos^{-1} x) \quad \dots (2) \quad \times$$

$$A_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} y(x_k) \quad (i=0 \text{ の場合})$$

$$A_i = \frac{2}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} y(x_k) \cdot \cos(i\pi \cdot (2k+1)/2N) \\ (i=1, 2, \dots, n \text{ の場合}) \quad \dots (3)$$

【0040】で定義される。ここで、Nは処理データの個数を示す。

【0041】処理データDがデータdとその座標値zとからなる場合、上記の式(1)～(3)では、横座標の変数xが処理データDの座標値zに対応し、変数y(x)がデータdに対応する。チェビシェフ多項式(2)は変数xが[-1, 1]の間で定義される。すなわち、変数xは[-1, 1]の間の値をとる。そこで、座標値zが領域[a, b]内にある処理データをチェビ★

$$Y^{(n)} = \sum_{i=0}^n A_i \cdot T_i^{(n)}(x) \\ = A_0 T_0^{(n)}(x) + A_1 T_1^{(n)}(x) + \dots + A_n T_n^{(n)}(x) \quad \dots (5)$$

【0044】ここで、 $T_i^{(n)}(x)$ はチェビシェフ多項式(2)のm階微分形であり、チェビシェフ多項式(2)をm回微分することにより得られる。なお、m=1のとき、すなわちチェビシェフ多項式(2)の1次の☆

$$T_i'(x) = \frac{i \cdot \sin(i \cdot \cos^{-1} x)}{\sqrt{1-x^2}} \quad \dots (6)$$

【0046】以上の関係式(1)～(6)を用いて、2次元データの各処理が後述するように行われる。

【0047】本発明に係る2次元データの処理方法にお

\*【0033】

【発明の実施の形態】本発明による2次元データの処理方法では、離散的な多数の処理データ(デジタルデータ)を多項式で近似し、さらにはその近似式の近似係数を用いて他の近似式、例えば微分関数式を発生させることによって2次元データに対して微分、間引き、水増しおよび分解能変換の各処理を行うものである。

【0034】処理データの近似式としては下記の多項式(1)を用いる。以下、この近似式をチェビシェフの近似式と称する。

【0035】

【数1】

※【0038】また、チェビシェフの近似式(1)の係数

$A_i$ は、

【0039】

【数3】

20

★シェフの近似式(1)で近似させる場合、処理データの座標値zを下記の式(4)を用いてチェビシェフの近似式(1)の変数xに変換する。

【0042】

$$x = \{2z - (a+b)\} / (b-a) \quad \dots (4)$$

さらに、チェビシェフの近似式(1)は微分が容易であり、m次微分形は下記の式(5)で表される。

【0043】

【数4】

☆微分形は下記の式(6)で表わされる。

【0045】

【数5】

いて、チェビシェフ多項式を用いた近似式を使用することにより、以下のような利点が得られる。

【0048】(i)チェビシェフ多項式(2)は非周期

50

関数であり、少ない次数で近似した場合でも近似精度が高く、Gibbsの現象も生じない。また、処理データの領域端部においても高い近似精度を得ることができる。

【0049】なお、Gibbsの現象とは、近似式の算出に使用した元データと近似データとは良く一致するが、元データ以外の位置では近似データが予想されるデータから大きく外れ、近似精度が低下する現象をいう。

【0050】このGibbsの現象が生じないために、  
10 チェビシェフ多項式を用いてデータの増し、間引き、  
分解能変換の各処理を精度良く行うことができる。

【0051】(ii) チェビシェフ多項式は高次の微分形を容易に求めることができる。したがって、高次の微分処理を効率良く行うことができる。

【0052】(iii) チェビシェフ多項式の0次の項T。(x)はバイアス成分を示し、1次の項T<sub>1</sub>(x)は座標原点を通る直線成分を示している。したがって、近似すべきデータがデータ領域全体に様な増分あるいは減少分を有する場合であっても精度良く近似することができる。

【0053】以下、本発明に係る2次元データの各処理方法について説明する。

#### (A) 2次元データの1方向への微分処理

##### (1) チェビシェフ多項式の高次の微分形を用いた微分処理

2次元画像データを1方向に微分する処理について図1～図3を参照して説明する。図1は、2次元データの処理状態を示す説明図であり、(a)は処理対象の2次元画像データを示し、(b)はX方向の微分処理の状態を示している。また、図2および図3は、微分処理のフローチャートである。

【0054】以下では、図1(a)に示すN<sub>x</sub>画素×N<sub>y</sub>画素からなる2次元画像データD(I, J)をX方向に微分してm(1以上の整数)次の微分値を求める処理について説明する。

【0055】まず、処理対象の2次元画像データD

(I, J)および種々の入力データを読み込み、記憶装置に格納する。2次元画像データD(I, J)は各画素のX方向およびY方向の画素位置データzと階調を示す画素データy(z)とから構成される。また、入力データには、X方向の画素数N<sub>x</sub>、微分回数mおよび画像データの1次傾斜成分を除去するか否かの指示データが含まれる。なお、1次傾斜成分の内容については後述する(ステップS2)。

【0056】次に、抽出すべき画素列の位置を示す変数Jをリセットした後(ステップS4)、変数Jのカウントを開始し(ステップS6)、2次元画像データD

(I, J)の中から図1(b)に示すJ列の点列画像データD(J)を抽出する。そして、点列画像データD

(J)中の画素位置データzを式(4)を用いてチェビ  
50

シェフ多項式(2)の変数xに変換する(ステップS8)。

【0057】さらに、抽出した点列画像データD(J)中の各画素データy(x)を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数A<sub>i</sub>(i=0～n)を算出する。なお、チェビシェフの近似式(1)の項数nは、近似精度を高めるために点列画像データD(J)の画素データの個数N<sub>x</sub>と等しく設定する(ステップS10)。算出した係数A<sub>i</sub>は記憶装置に記憶される(ステップS12)。

【0058】チェビシェフの近似式(1)の係数A<sub>i</sub>が求まると、入力データを参照して画像データの1次傾斜成分を除去するか否かを判定する(ステップS14)。ここで、1次傾斜成分とは、例えば画像領域における画像の濃度が一定方向に向かって一様に変化するような場合の濃度の様変化成分をいう。そして、画像データの各画素から様変化成分を除去する処理を1次傾斜成分の除去という。なお、この処理には、画像データ全体の画素データの値を一様に引き上げたり引き下げたりする処理も含まれている。

【0059】1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数A<sub>i</sub>のうち、0次の係数A<sub>0</sub>と1次の係数A<sub>1</sub>とをそれぞれ0に置換する(ステップS16)。

【0060】次に、予め求めたチェビシェフ多項式(2)のm次の微分形T<sup>(m)</sup>(x)と上記ステップS10で求めた係数A<sub>i</sub>とにより規定されるチェビシェフ近似式のm次微分式(5)に変数xを順次与えてJ列の各画素のm次の微分値Y<sup>(m)</sup>(x)を算出する(ステップS18)。算出したm次の微分値Y<sup>(m)</sup>(x)を記憶装置に記憶させる(ステップS20)。

【0061】さらに、微分処理が行われたJ列が最終の列N<sub>x</sub>か否かを判定する。最終の列N<sub>x</sub>でなければ、次の列の点列画像データのm次微分処理に移り、ステップS6からステップS20の処理を繰り返す。すべてのJ列の微分処理が終了すると(ステップS22)、上記の微分処理により得られた2次元画像データのX方向のm次の微分値Y<sup>(m)</sup>(x)を出力する(ステップS24)。

【0062】以上の処理により、2次元画像データD(I, J)をX方向にm回微分した微分値が得られる。

【0063】このように、チェビシェフ多項式(2)は、高次の微分形を容易に求めることができる。したがって、高次(m≥2次)の微分値を求める処理においても、予め高次の微分形を求めておき、一度の計算によって即座に画像データの高次の微分値を求めることができる。

【0064】図4は、上記の微分処理の実行例を示すデータ図であり、図5は図4の処理結果を示す図である。本実行例では、2次元画像データから抽出したデータ数

が21個の1次元データに対して2次の微分値を求める処理を行っている。

【0065】図4において、第1カラム目には1次元データの画素位置 $z$ が示され、第2カラム目には1次元データの画素値 $y(z)$ が示されている。また、第3カラム目には、図2および図3に示す微分処理フローに従ってチェビシェフの近似式(1)から算出した近似値(以下、補間値と称する) $Y(x)$ が示され、第4カラム目にはチェビシェフの近似式の微分式(5)から算出した2次微分値が示されている。さらに、第5カラム目には、比較のために $[1, -2, 1]$ の1次元のLaplacian型のデジタルフィルタを1次元データに適用して求めた2次微分値を示している。

【0066】また、図5においては、図4の第2カラム目の画素値 $y(z)$ が元データとして黒丸で示されている。また、第3カラム目の補間値 $Y(x)$ は元データとはば一致しているため、図示を省略している。なお、白三角の点は後述するデータの水増し処理により得られた補間データを示しており、ここでの説明は省略する。さらに、実線は、1次元データの画素値 $y(z)$ を人為的に作成した際の基礎となった関数を表示したものである。

【0067】図4および図5から明らかなように、各画素位置 $z$ における画素値 $y(z)$ とチェビシェフの近似式(1)から求めた補間値 $Y(x)$ とが良く一致している。これにより、チェビシェフの近似式(1)の近似精度が高いことが判明した。

【0068】さらに、図6は、図4におけるチェビシェフの近似式による2次微分値(第4カラム目)とLaplacian型のデジタルフィルタによる2次微分値(第5カラム目)とを示す図である。図6から明らかなように、チェビシェフの近似式を用いた微分処理では2次微分値が滑らかな関数で近似されており、Laplacian型のデジタルフィルタによる2次微分値にみられるようなGibbsの現象が生じていない。また、変曲点の位置も精度良く求められていることも判明した。

【0069】(2)チェビシェフ多項式の微分形算出を繰り返す高次の微分処理

上記(1)の微分処理では、チェビシェフ多項式の高次の微分形を予め算出しておき、一度の計算によって高次の微分値を算出したが、ここでは逐次微分処理を繰り返して高次の微分値を算出する方法について説明する。

【0070】処理対象は上記(1)の場合と同様である。また、図7および図8は本微分処理のフローチャートである。以下では、図1(a)に示す $N_x$ 画素 $\times N_y$ 画素からなる2次元画像データ $D(I, J)$ をX方向に逐次微分して $m$ (1以上の整数)次の微分値を求める処理について説明する。

【0071】まず、処理対象の2次元画像データ $D(I, J)$ および種々の入力データを読み込み、記憶装

置に格納する。画像データ $D(I, J)$ は各画素のX方向およびY方向の画素位置データ $z$ および階調を示す画素データ $y(z)$ から構成される。また、入力データには、X方向の画素数 $N_x$ 、微分回数 $m$ および画像データの1次傾斜成分を除去するかどうかの指示データが含まれる(ステップS32)。

【0072】次に、抽出すべき画素列の位置を示す変数 $J$ および微分処理回数のカウンタ値を示す変数 $M$ をリセットした後(ステップS33、S34)、変数 $J$ および変数 $M$ のカウントを開始し(ステップS36、S38)、2次元画像データ $D(I, J)$ の中から図1(b)に示す $J$ 列の点列画像データ $D(J)$ を抽出する。そして、点列画像データ $D(J)$ 中の画素位置データ $z$ を式(4)を用いてチェビシェフ多項式(2)の変数 $x$ に変換する(ステップS40)。

【0073】さらに、抽出した点列画像データ $D(J)$ 中の画素データ $y(x)$ を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ ( $i=0 \sim n$ )を算出する。なお、チェビシェフ多項式(2)の項数は、近似精度を高めるために点列画像データ $D(J)$ の画素データの個数 $N$ と等しく設定する(ステップS42)。算出した係数 $A_i$ は記憶装置に記憶される(ステップS44)。

【0074】チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ が求まると、入力データを参照して画像データの1次傾斜成分を除去するかどうかを判定する(ステップS46)。

【0075】1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ のうち、0次の係数 $A_0$ と1次の係数 $A_1$ とをそれぞれ0に置換する(ステップS48)。

【0076】次に、チェビシェフ多項式(2)の1次の微分式を算出し、求めた微分式とステップS42で求めた係数 $A_i$ とにより規定されるチェビシェフ近似式の1( $m=1$ )次微分式(5)に変数 $x$ を順次与えて $J$ 列の各画素の1次の微分値 $Y'(x)$ を算出する(ステップS50)。算出した1次の微分値 $Y'(x)$ は記憶装置に記憶される(ステップS52)。

【0077】以上の処理により、1回の微分処理が終了し、1次の微分値 $Y'(x)$ が得られる。

【0078】現在の微分処理回数 $M$ と入力された微分回数 $m$ とを比較し、微分処理回数 $M$ が微分回数 $m$ よりも小さい場合には、再度微分処理を繰り返す(ステップS54)。

【0079】まず、算出された1次の微分値 $Y'(x)$ を $J$ 列の画素データ $y(x)$ に置換する(ステップS56)。そして、ステップS38に戻り、ステップS52までの処理を繰り返す。この処理により、1回目の微分処理で求められた微分値 $Y'(x)$ に対してチェビシェフの近似式(1)が再度求められ、さらにその微分形を算出して2次の微分値 $Y^{(2)}(x)$ が求められる。



【0080】このような微分処理を入力された微分回数  $m$  に達するまで繰り返し行う。これによって、1列目の点列画像データの  $m$  次の微分値  $Y^{(m)}(x)$  が算出される。

【0081】さらに、次の列の点列画像データの  $m$  次微分処理に移り（ステップS58）、ステップS34からステップS56の処理を繰り返し行う。すべての列の微分処理が終了すると（ステップS58）、得られた2次元画像データのX方向の  $m$  次の微分値を出力する（ステップS60）。

【0082】以上の処理により、2次元画像データ  $D(I, J)$  をX方向に  $m$  回微分した微分値が得られる。

【0083】上記の微分処理において、階調を示す画素データ  $y(x)$  の微分値は、処理中では実数として計算し、出力時に整数に変換することが好ましい。そうすることにより計算の精度を高めることができる。

【0084】(B) 2次元データの2方向への微分処理  
(1) チェビシェフ多項式の高次の微分形を用いた微分処理

チェビシェフの近似式(1)は1次元の関数である。そこで、2次元データに対してX方向およびY方向の2方向に微分処理を行う場合には、第1の方向、例えばX方向に微分処理を行い、得られた微分値に対して第2の方向、すなわちY方向に微分処理を行う。

【0085】以下では、図1(a)に示す  $N_x$  画素  $\times$   $N_y$  画素からなる2次元画像データ  $D(I, J)$  をX方向に微分して  $m$  (1以上の整数) 次の微分値を求め、さらにY方向に微分して  $s$  (1以上の整数) 次の微分値を求める処理について説明する。

【0086】図1において、(a)は処理対象の2次元の画像データを示し、(b)はX方向の微分処理の状態を示し、(c)はY方向の微分処理の状態を示している。また、図9～図11は、本微分処理のフローチャートである。

【0087】まず、処理対象の2次元画像データ  $D(I, J)$  および種々の入力データを読み込み、記憶装置に格納する。画像データ  $D(I, J)$  は各画素のX方向およびY方向の画素位置データ  $z$  および階調を示す画素データ  $y(z)$  から構成される。また、入力データには、X方向およびY方向の画素数  $N_x, N_y$ 、微分回数  $m, s$  および画像データの1次傾斜成分を除去するか否かの指示データが含まれる（ステップS52）。

【0088】次に、抽出すべき画素列の位置を示す変数  $I, J$  をリセットした後（ステップS54）、画素データの抽出方向を判別する。ここではX方向が選択される（ステップS56）。変数  $J$  のカウントを開始し、（ステップS58）、2次元画像データ  $D(I, J)$  の中から図1(b)に示す  $J$  列の点列画像データ  $D(J)$  を抽出する。そして、点列画像データ  $D(J)$  中の画素位置データ  $z$  を式(4)を用いてチェビシェフ多項式(2)

の変数  $x$  に変換する（ステップS60）。

【0089】さらに、抽出した点列画像データ  $D(J)$  中の各画素データ  $y(x)$  を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  ( $i=0 \sim n$ ) を算出する（ステップS62）。算出した係数  $A_i$  は記憶装置に記憶される（ステップS64）。

【0090】チェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  が求まると、入力データを参照して画像データの1次傾斜成分を除去するか否かを判定する（ステップS66）。

10 【0091】1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  のうち、0次の係数  $A_0$  と1次の係数  $A_1$  とをそれぞれ0に置換する（ステップS68）。

【0092】次に、予め求めたチェビシェフ多項式(2)の  $m$  次の微分式  $T^{(m)}(x)$  と上記のステップS62で求めた係数  $A_i$  とにより規定されるチェビシェフ近似式の  $m$  次微分式(5)に変数  $x$  を順次与えて  $J$  列の各画素の  $m$  次の微分値  $Y^{(m)}(x)$  を算出する（ステップS70）。算出した  $m$  次の微分値  $Y^{(m)}(x)$  を記憶装置に記憶させる（ステップS72）。

【0093】さらに、次の  $J$  列の点列画像データの  $m$  次の微分処理に移り、ステップS58からステップS72の処理を繰り返し行う。すべての  $J$  列の微分処理が終了すると（ステップS74）、2次元画像データ  $D(I, J)$  のX方向への  $m$  次微分した微分値が得られる。

【0094】次にY方向への  $s$  次の微分処理に移る（ステップS76）。まず、抽出すべき画素列の位置を示す変数  $I$  のカウントを開始し、（ステップS78）、図1(c)に示すように、X方向に微分処理された2次元の  $m$  次の微分値からなる画像データ  $D_x(I, J)$  の中から  $J$  列の点列画像データ  $D_x(I)$  を抽出する。そして、点列画像データ  $D_x(I)$  中の画素位置データ  $z$  を式(4)を用いてチェビシェフ多項式(2)の変数  $x$  に変換する（ステップS80）。

【0095】さらに、抽出した点列画像データ  $D_x(I)$  中の微分値  $y_x(x)$  を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  ( $i=0 \sim n$ ) を算出する。なお、チェビシェフの近似式の項数は、近似精度を高めるために点列画像データ  $D_x(I)$  の微分値の個数  $N_x$  と等しく設定する（ステップS82）。算出した係数  $A_i$  は記憶装置に記憶される（ステップS84）。

【0096】チェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  が求まると、入力データを参照して2次元画像データの1次傾斜成分を除去するか否かを判定する（ステップS86）。1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数  $A_i$  のうち、0次の係数  $A_0$  と1次の係数  $A_1$  とをそれぞれ0に置換する（ステップS88）。

50 【0097】次に、予め求めたチェビシェフ多項式



(2)の $s$ 次の微分式 $T^{(s)}(x)$ と上記のステップS80により求めた係数 $A_i$ とにより規定されるチェビシェフ近似式の $s$ 次の微分式(5)に変数 $x$ を順次与えて1列の各画素の $s$ 次の微分値 $Y^{(s)}(x)$ を算出する(ステップS90)。算出した $s$ 次の微分値 $Y^{(s)}(x)$ を記憶装置に記憶させる(ステップS92)。

【0098】さらに、次の1列の点列画像データの $s$ 次の微分処理に移り、ステップS78からステップS92の処理を繰り返し行う。すべての1列の微分処理が終了すると(ステップS94)、上記の微分処理により得られた2次元画像データのX方向およびY方向への微分値を出力する(ステップS96)。

【0099】(2)チェビシェフ多項式の微分形算出を繰り返す高次の微分処理

さらに、2方向への微分処理の他の方法について説明する。以下に説明する方法では、X方向およびY方向に交互に微分処理を行うことによって2次元データのX方向およびY方向への高次の微分値を算出するものである。

【0100】処理対象は上記(1)の場合と同様である。また、図12～図14は本微分処理のフローチャートである。以下では、図1(a)に示す $N_x$ 画素 $\times N_y$ 画素からなる2次元画像データ $D(I, J)$ をX方向およびY方向に交互に微分して $m$ (1以上の整数)次の微分値を求める処理について説明する。

【0101】まず、処理対象の2次元画像データ $D(I, J)$ および種々の入力データを読み込み、記憶装置に格納する。画像データ $D(I, J)$ は各画素のX方向およびY方向の画素位置データ $z$ および階調を示す画素データ $y(z)$ から構成される。また、入力データには、X方向およびY方向の画素数 $N_x, N_y$ 、微分回数 $m$ および画像データの1次傾斜成分を除去するか否かの指示データが含まれる(ステップS102)。

【0102】次に、微分処理回数のカウント値を示す変数 $M$ および抽出すべき画素列の位置を示す変数 $I, J$ をリセットした後(ステップS104, S106)、画素データの微分方向を判別する。ここではX方向が選択される(ステップS108)。変数 $M$ のカウントおよび変数 $J$ のカウントを開始し(ステップS110, S112)、2次元画像データ $D(I, J)$ の中から図1(b)に示すJ列の点列画像データ $D(J)$ を抽出する。そして、点列画像データ $D(J)$ 中の画素位置データ $z$ を式(4)を用いてチェビシェフ多項式(2)の変数 $x$ に変換する(ステップS114)。

【0103】さらに、抽出した点列画像データ $D(J)$ 中の画素データ $y(x)$ を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ ( $i=0\sim n$ )を算出する。なお、チェビシェフの近似式の項数は、近似精度を高めるために点列画像データ $D(J)$ の画素データの個数 $N_x$ と等しく設定する(ステップS116)。算出した係数 $A_i$ は記憶装置に記憶される(ステップS11

8)。

【0104】チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ が求まると、入力データを参照して画像データの1次傾斜成分を除去するか否かを判定する(ステップS120)。

【0105】1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ のうち、0次の係数 $A_0$ と1次の係数 $A_1$ とをそれぞれ0に置換する(ステップS122)。

【0106】次に、チェビシェフ多項式(2)の1次の微分式 $T'(x)$ を算出し、求めた微分式 $T'(x)$ と上記のステップS116で求めた係数 $A_i$ とにより規定されるチェビシェフ近似式の1次の微分式(5)に変数 $x$ を順次与えてJ列の各画素の1次の微分値 $Y'(x)$ を算出する(ステップS124)。算出した1次の微分値 $Y'(x)$ を記憶装置に記憶させる(ステップS126)。

【0107】ここまでの処理により、X方向の1回の微分処理が終了し、1次の微分値 $Y'(x)$ が得られる。

【0108】さらに、上記の微分処理が行われた点列画像データが最後の $N_y$ 列の点列画像データか否かを判定する。最後の点列画像データ $N_y$ でない場合には、次のJ列の点列画像データの微分処理を行う。すなわち、ステップS106からステップS126までの処理を繰り返し行う。そして、すべてのJ列の微分処理が終了すると(ステップS128)、2次元画像データ $D(I, J)$ をX方向に1回微分した微分値 $D_x(I, J)$ が得られる。

【0109】次に、Y方向の微分処理に移る(ステップS130)。Y方向の微分処理では、図1(c)に示すように、X方向に微分処理された2次元の1次の微分値からなる画像データ $D_x(I, J)$ からY方向の点列画像データを逐次抽出して微分処理を行う。

【0110】まず、変数 $I$ のカウントを開始し(ステップS132)、ステップS126で保存されたX方向の微分値からなる2次元画像データ $D_x(I, J)$ の中からI列の点列画像データ $D_x(I)$ を抽出する。そして、点列画像データ $D_x(I)$ の画素位置データ $z$ を式(4)を用いて変数 $x$ に変換する(ステップS134)。

【0111】さらに、抽出した点列画像データ $D_x(I)$ 中の画素データ $y_x(x)$ を式(3)に代入してチェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ ( $i=0\sim n$ )を算出する。なお、チェビシェフの多項式の項数は、近似精度を高めるために点列画像データ $D_x(I)$ の画素データの個数 $N_y$ と等しく設定する(ステップS136)。算出した係数 $A_i$ は記憶装置に記憶される(ステップS138)。

【0112】チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ が求まると、入力データを参照して画像データの1次傾斜

成分を除去するか否かを判定する(ステップS140)。1次傾斜成分を除去する場合には、チェビシェフの近似式(1)の係数 $A_i$ のうち、0次の係数 $A_0$ と1次の係数 $A_1$ とをそれぞれ0に置換する(ステップS142)。

【0113】次に、チェビシェフ多項式(2)の1次の微分式 $T'(x)$ を算出し、求めた微分式 $T'(x)$ とステップS136で求めた係数 $A_i$ とにより規定されるチェビシェフ近似式の1次微分式(5)に変数 $x$ を順次与えてJ列の各画素の1次の微分値 $Y'(x)$ を算出する(ステップS144)。算出した1次の微分値 $Y'(x)$ を記憶装置に記憶させる(ステップS146)。

【0114】以上の処理により、I列の点列画像データに対するY方向の1回の微分処理が終了し、1次の微分値 $Y'(x)$ が得られる。さらに、次の列の点列画像データの微分処理に移り(ステップS148)、ステップS132からステップS146の処理を繰り返し行う。すべてのJ列の微分処理が終了すると(ステップS148)、2次元画像データのX方向およびY方向にそれぞれ1回微分処理された1次の微分値が求められる。

【0115】さらに、高次の微分値を求める場合には(ステップS150)、上記の処理により算出された微分値で2次元画像データD(I, J)を置換し(ステップS152)、再びステップS106からステップS150の処理を繰り返し行う。

#### 【0116】(C) 2次元データの水増し、間引き、分解能変換処理

ここでは、チェビシェフの近似式を用いた2次元画像データの水増し、間引きおよび分解能変換の各処理について説明する。2次元画像データの水増しとは、元の画素データ間に新たなデータを補間して画素数を増加する処理をいい、間引き処理は元の画素データを所定間隔で省略して画素数を減少させる処理をいう。さらに、分解能変換とは、元の画素データのデータ数および画素の大きさを変更する処理をいう。

【0117】チェビシェフ多項式は1次元のデータに対する近似精度が高く、しかもGibbsの現象が生じないという利点を有している。したがって、チェビシェフ多項式を用いたチェビシェフの近似式(1)を利用することにより、高精度で水増し、間引きおよび分解能変換の各処理を行うことができる。

【0118】例えば、図15は、21個の画素データからなる1次元データに対して2次の微分値を求めるとともに画素数を2倍に水増しする処理の諸データを示している。水増し処理の対象となる1次元データは図4に示す1次元データと同一である。また、2次の微分値を求める処理は図2および図3のフローチャートに示す手順と同一である。さらに、図15に示す水増し処理の結果が図5に示されている。

【0119】図15において、第1カラム目には1次元

データの各画素の画素位置 $(z)$ が示され、第2カラム目には各画素の画素値 $y(z)$ が示されている。ここで、画素位置 $(z)$ として0.0から20.0まで1.0刻みに与えられた値が元の1次元データの位置であり、画素位置 $(z)$ として0.5から19.5まで1.0刻みに与えられた値が水増しデータの位置である。

【0120】第3カラム目には、図2におけるステップS8、S10により求められたチェビシェフの近似式(1)から算出した画素値(補間値) $Y(x)$ が示されている。ここで、画素値 $y(z)$ の値が記入されていない画素位置 $(z)$ に対応する補間値 $Y(x)$ が水増し処理により得られた水増し画素の値である。この補間値 $Y(x)$ が図5中、白三角で示されている。また、図5中の実線は元の1次元データの画素値 $y(z)$ を算出する基礎となる関数を示している。白三角と実線との位置関係より、水増しデータが精度良く補間されていることがわかる。

【0121】また、図15中の第1カラム目には水増しされたすべての画素位置 $(z)$ に対応する画素の2次微分値が示されている。なお、第5カラム目には、比較のために従来の1次元のLaplacian型のデジタルフィルタを適用して求めた2次微分値が示されている。図2および図3のフローチャートにおいて、ステップS18では、処理対象の1次元データに対するチェビシェフの近似式(1)のm次の微分式(5)が求められている。したがって、この微分式(5)に水増しあるいは間引きした画素位置 $(z)$ に対応する変数 $(x)$ を与えることにより、元の1次元データあるいは元の微分値からなるデータの水増しあるいは間引きデータを得ることができる。

【0122】さらに、分解能変更処理の場合には、水増しあるいは間引き処理と同様に求められたチェビシェフの近似式(1)あるいはその微分式(5)を用いて任意の画素位置 $(z)$ に対応する画素値を求め、その画素値を分解能に応じた画素位置に戻すことにより、分解能を変更することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の2次元データの処理方法に用いる2次元データを示す説明図である。

【図2】2次元画像データの1方向への微分処理のフローチャートである。

【図3】2次元画像データの1方向への微分処理のフローチャートである。

【図4】図2および図3の微分処理の実行例を示すデータ図である。

【図5】図4の処理結果を示す図である。

【図6】図4に示すチェビシェフの近似式による2次の微分値とその比較例とを示す図である。

【図7】2次元画像データの1方向への微分処理の他の例を示すフローチャートである。

【図8】2次元画像データの1方向への微分処理の他の例を示すフローチャートである。

【図9】2次元画像データの2方向への微分処理のフローチャートである。

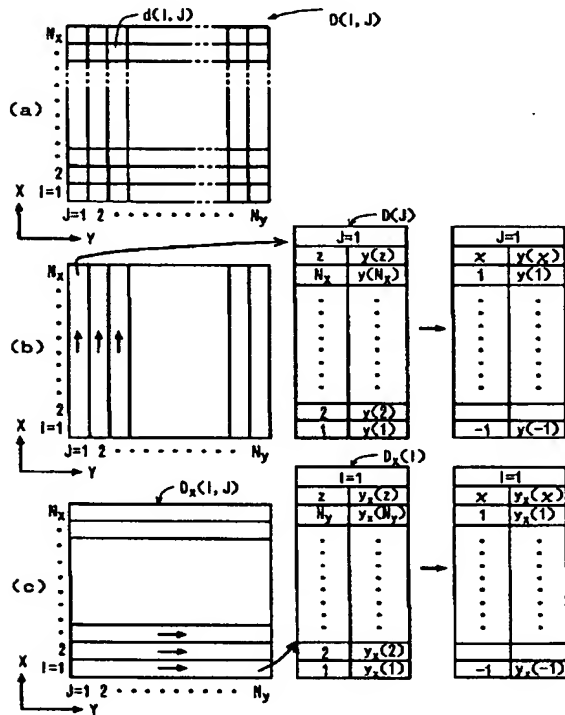
【図10】2次元画像データの2方向への微分処理のフローチャートである。

【図11】2次元画像データの2方向への微分処理のフローチャートである。

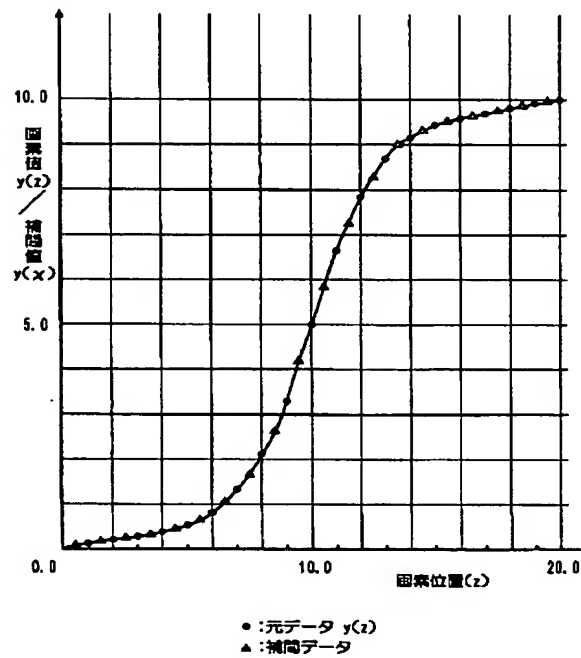
【図12】2次元画像データの2方向への微分処理の他の例のフローチャートである。

\*10

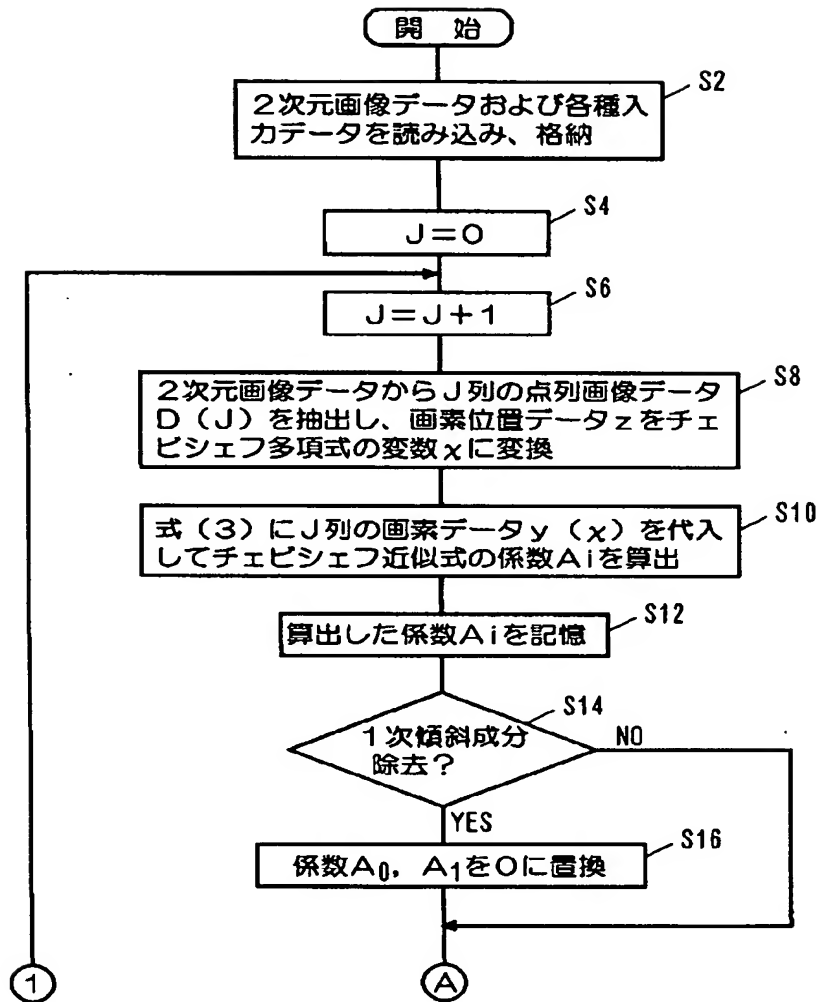
【図1】



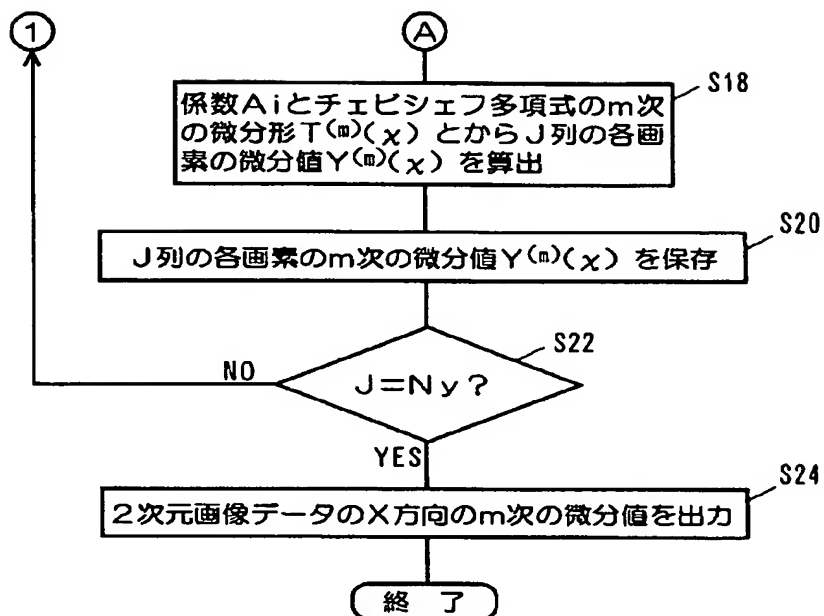
【図5】



【図2】



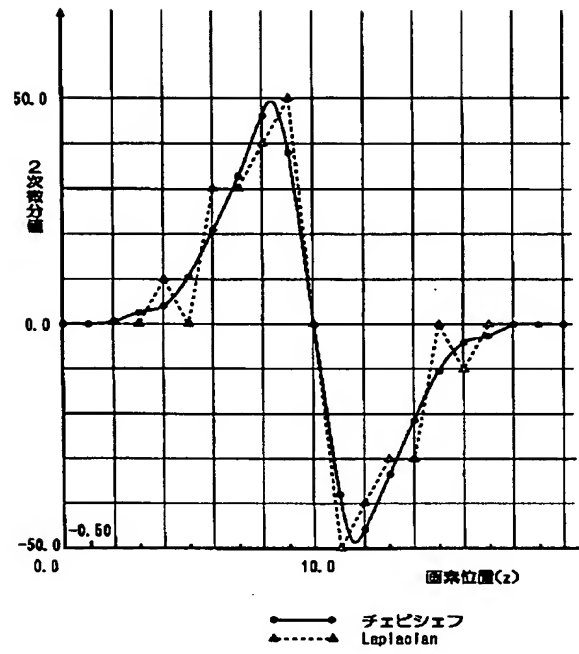
【図3】



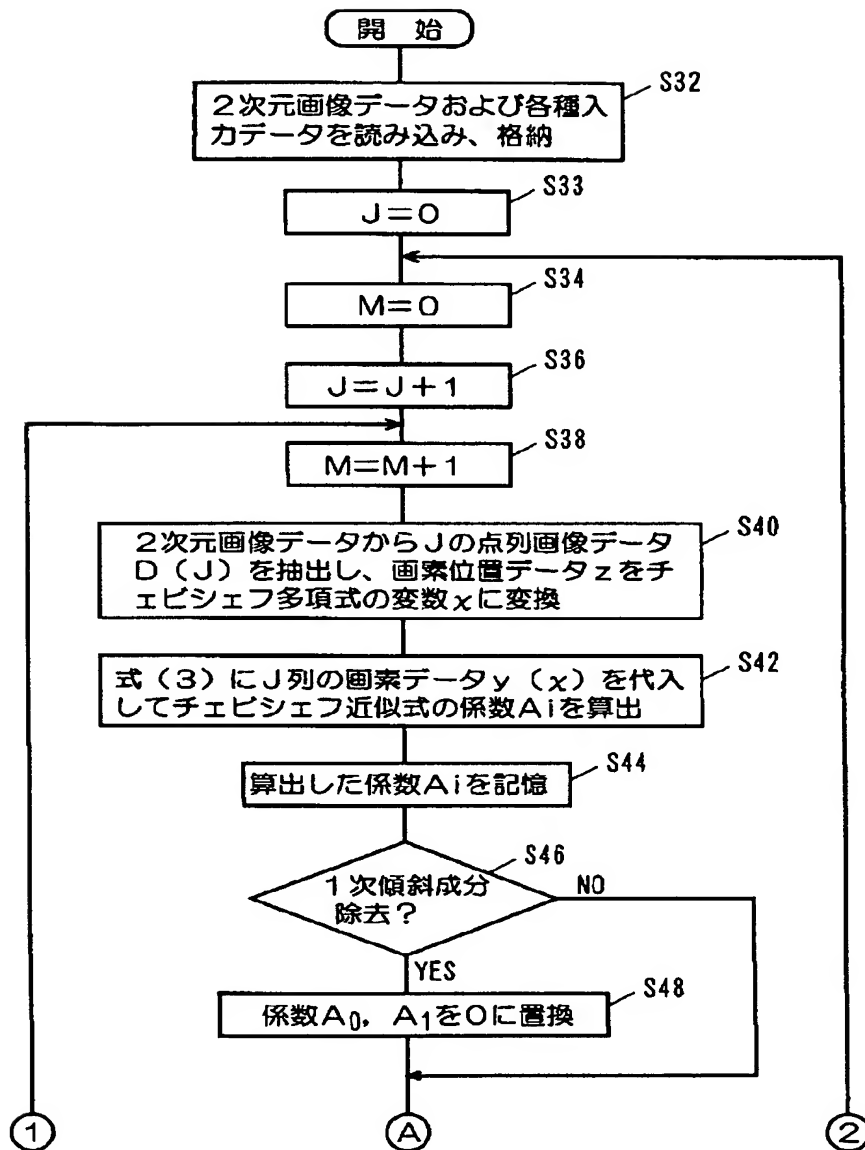
【図4】

画素位置 (z)	画素値 y (z)	補間値 Y (x)	2次微分値 (チェビシェフ)	2次微分値 (Laplacian)
0. 0	0. 0	9. 48E-04	3. 67E-02	0. 0
1. 0	0. 1	9. 87E-02	5. 37E-01	0. 0
2. 0	0. 2	2. 01E-01	1. 39E-01	0. 0
3. 0	0. 3	2. 98E-01	2. 65E+00	0. 0
4. 0	0. 4	4. 21E-01	3. 78E+00	0. 1
5. 0	0. 8	5. 79E-01	1. 01E+01	0. 0
6. 0	0. 8	8. 37E-01	2. 09E+01	0. 3
7. 0	1. 3	1. 31E+00	3. 30E+01	0. 3
8. 0	2. 1	2. 12E+00	4. 58E+01	0. 4
9. 0	3. 3	3. 39E+00	3. 85E+01	0. 5
10. 0	5. 0	5. 0E+00	3. 08E-05	0. 0
11. 0	6. 7	6. 61E+00	-3. 85E+01	-0. 5
12. 0	7. 9	7. 88E+00	-4. 58E+01	-0. 4
13. 0	8. 7	8. 69E+00	-3. 30E+01	-0. 3
14. 0	9. 2	9. 16E+00	-2. 09E+01	-0. 3
15. 0	9. 4	9. 42E+00	-1. 01E+01	0. 0
16. 0	9. 6	9. 58E+00	-3. 78E+00	-0. 1
17. 0	9. 7	9. 70E+00	-2. 65E+00	0. 0
18. 0	9. 8	9. 80E+00	-1. 39E-01	0. 0
19. 0	9. 9	9. 90E+00	-5. 37E-01	0. 0
20. 0	10. 0	1. 00E+01	-3. 67E-02	0. 0

【図6】

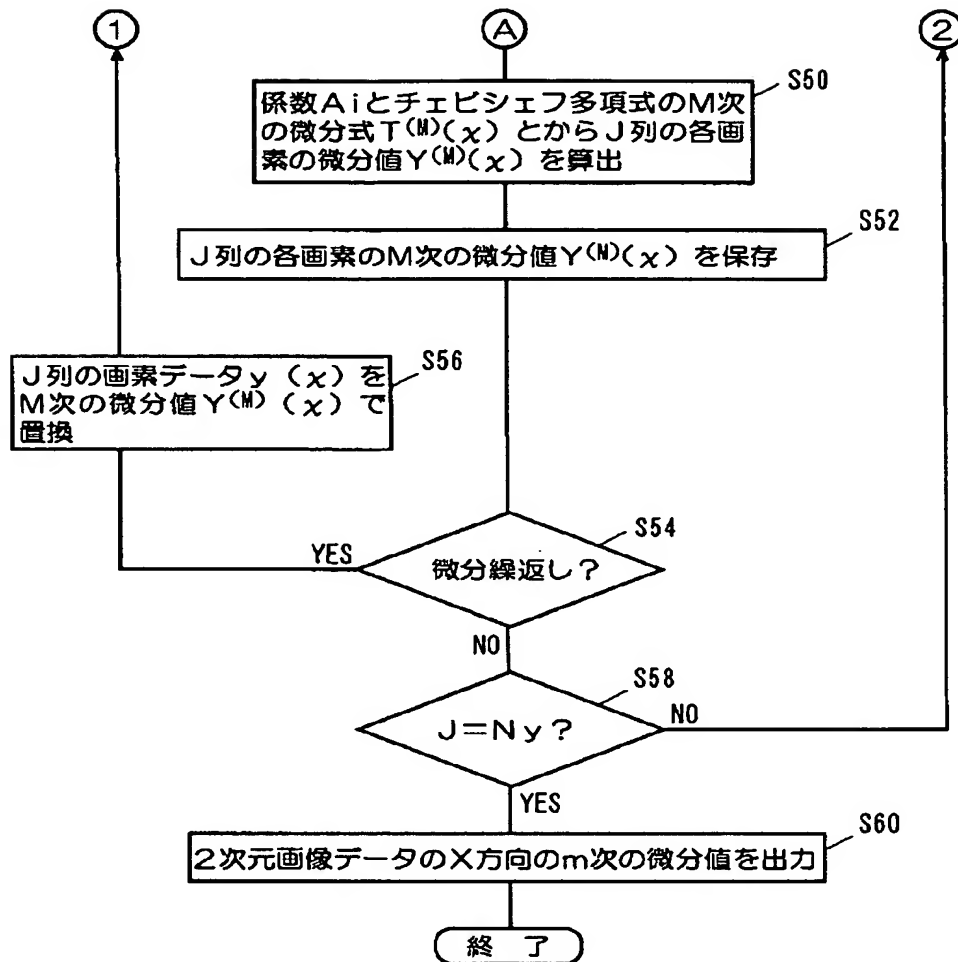


【図7】

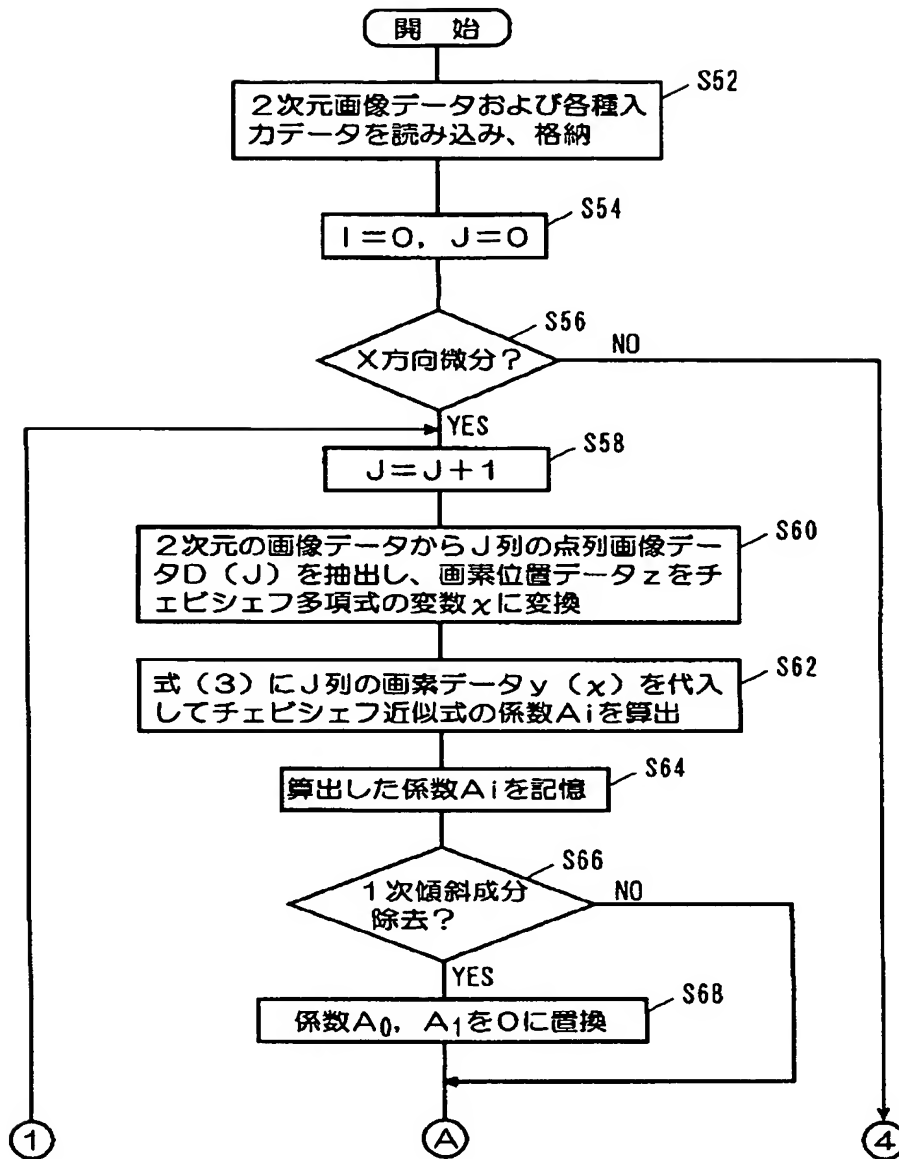




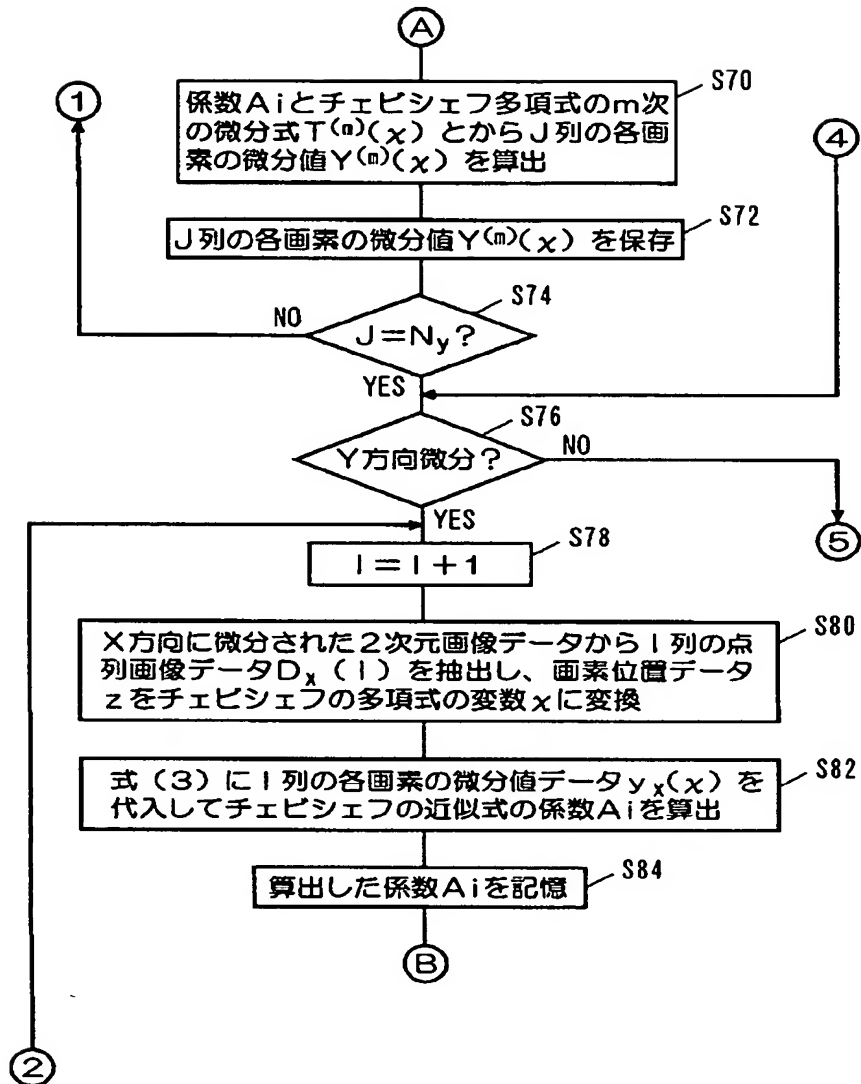
【図8】



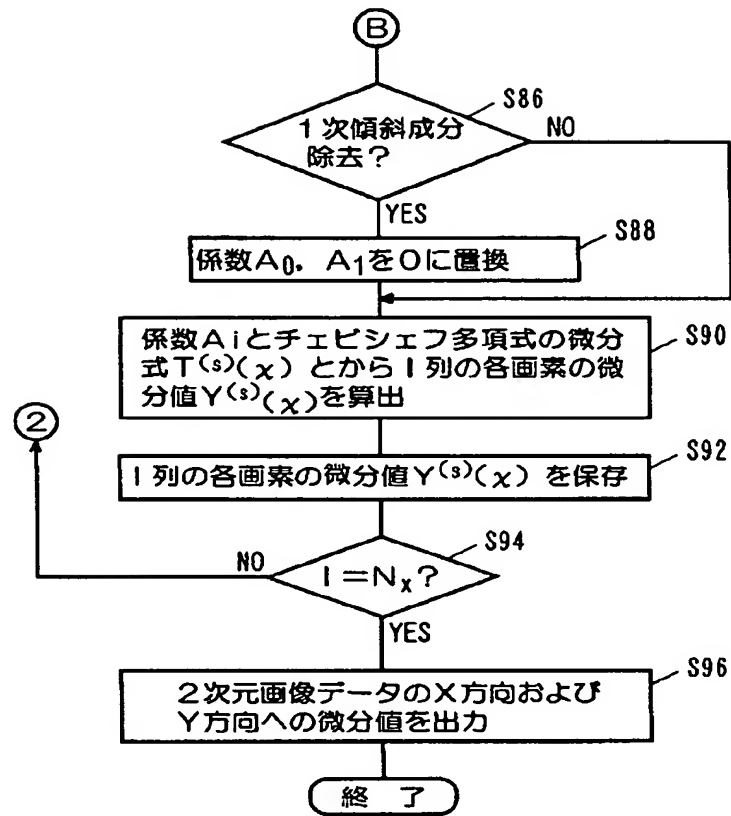
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

